









**PLASMA ACCELERATOR ARRANGEMENT****Publication number:** WO0001206**Publication date:** 2000-01-06**Inventor:** KORNFELD GUENTER (DE); WEGENER JUERGEN (DE); SEIDEL HARALD (DE)**Applicant:** THOMSON TUBES ELECTRONIQUES GM (DE); KORNFELD GUENTER (DE); WEGENER JUERGEN (DE); SEIDEL HARALD (DE)**Classification:****- International:** **B64G1/40; F03H1/00; H05H1/54; B64G1/22; F03H1/00; H05H1/00; (IPC1-7): H05H1/54****- European:** B64G1/40D; F03H1/00; H05H1/54**Application number:** WO1999DE01708 19990611**Priority number(s):** DE19981028704 19980626**Also published as:** WO0001206 (A1)  
 EP1123642 (A1)  
 EP1123642 (A1)  
 US6523338 (B1)  
 EP1123642 (A0)

more &gt;&gt;

**Cited documents:** DE1222589  
 JP4242046  
 JP9223474**Report a data error here****Abstract of WO0001206**

The invention relates to a plasma accelerator arrangement, especially for use as an ion thruster in a spacecraft. According to the invention, the arrangement is structured in such a way that an accelerated electron beam is introduced into an ionisation chamber with propellant gas and guided through the ionisation chamber as a concentrated beam, towards an electric deceleration field which also acts as an acceleration field for the propellant ions produced by ionisation. The arrangement produces a focussed beam of an essentially neutral plasma with a high degree of efficiency. Examples of configurations for electric and magnetic fields for guiding and focussing the beams are also given.

---

Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

PCT

WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

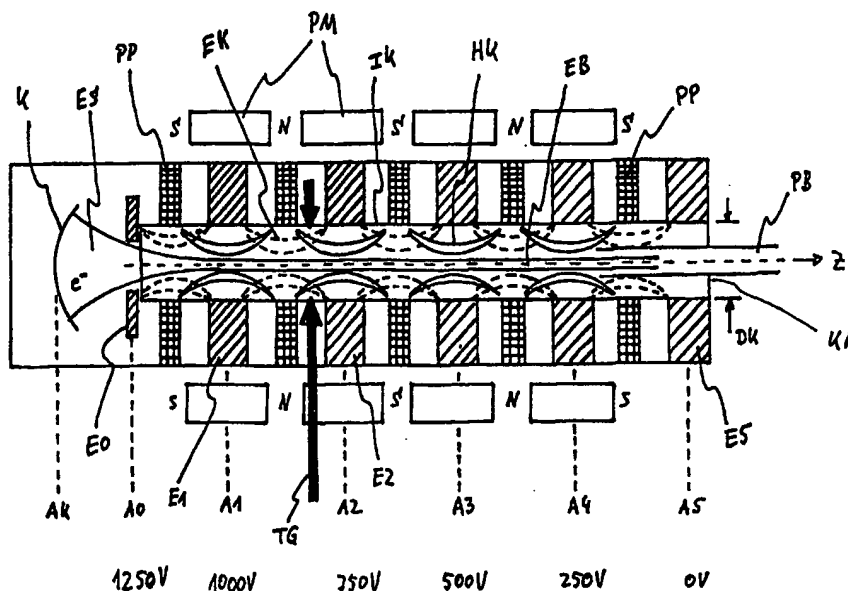
<p>(51) Internationale Patentklassifikation 6 : <b>H05H 1/54</b></p>	<p><b>A1</b></p>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 00/01206</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 6. Januar 2000 (06.01.00)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE99/01708</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 11. Juni 1999 (11.06.99)</p> <p>(30) Prioritätsdaten: 198 28 704.6 26. Juni 1998 (26.06.98) DE</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): THOM- SON TUBES ELECTRONIQUES GMBH [DE/DE]; Söflinger Strasse 100, D-89077 Ulm (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und</p> <p>(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KORNFELD, Günter [DE/DE]; Junginger Strasse 93, D-89275 Elchingen (DE). WEGENER, Jürgen [DE/DE]; Maierweg 88, D-89081 Ulm (DE). SEIDEL, Harald [DE/DE]; Am Nonnenberg 34, D-88483 Burgrieden (DE).</p> <p>(74) Anwalt: WEBER, Gerhard; Postfach 2029, D-89010 Ulm (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: JP, RU, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p>Veröffentlicht Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist; Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</p>	

(54) Title: PLASMA ACCELERATOR ARRANGEMENT

(54) Bezeichnung: PLASMA BESCHLEUNIGER-ANORDNUNG

(57) Abstract

The invention relates to a plasma accelerator arrangement, especially for use as an ion thruster in a spacecraft. According to the invention, the arrangement is structured in such a way that an accelerated electron beam is introduced into an ionisation chamber with propellant gas and guided through the ionisation chamber as a concentrated beam, towards an electric deceleration field which also acts as an acceleration field for the propellant ions produced by ionisation. The arrangement produces a focussed beam of an essentially neutral plasma with a high degree of efficiency. Examples of configurations for electric and magnetic fields for guiding and focussing the beams are also given.



### (57) Zusammenfassung

Für eine Plasmabeschleuniger-Anordnung insbesondere zur Anwendung als Ionentriebwerk in einem Raumflugkörper wird eine Struktur vorgeschlagen, bei welcher ein beschleunigter Elektronenstrahl in eine Ionisationskammer mit Treibstoffgas eingeleitet und als gebündelter Strahl durch die Ionisationskammer entgegen einem elektrischen Verzögerungsfeld, daß zugleich als Beschleunigungsfeld für die durch Ionisation erzeugten Treibstoffionen wirkt, geführt wird. Die Anordnung erzeugt einen gebündelten Strahl eines weitgehend neutralen Plasmas mit einem hohen Wirkungsgrad. Konfigurationen für elektrische und magnetische Felder zur Strahlführung und Strahlfokussierung sind beispielhaft angegeben.

### LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauretanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		
EE	Estland						

## Bezeichnung

### **Plasmabeschleuniger-Anordnung**

#### 5 Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Plasmabeschleuniger-Anordnung. Plasmabeschleuniger (ion thrusters, electric propulsion systems EPS) sind von erheblicher Bedeutung als Antriebe in Weltraumflugkörpern sowohl für erdnahe und geostationäre Satelliten als auch für Raummissionen außerhalb eines Erdorbits. Das  
10 Verhältnis von Antriebsimpuls zu eingesetzter Treibstoffmasse als ein Maß für den Wirkungsgrad des Antriebs ist für Plasmabeschleuniger wesentlich günstiger als für konventionelle chemische Antriebe, so daß sich eine für Weltraumanwendungen besonders wichtige Verringerung des Gewichtsanteils des  
15 Treibstoffs ergibt. Als Treibstoff wird häufig ein Edelgas mit hohem Atomgewicht, insbesondere Xenon eingesetzt.

Bei Gitter-Ionentriebwerken wird in einer Ionisationskammer aus neutralem Xenon-Gas durch Hochfrequenz oder Elektronenbeschuß ein Plasma erzeugt. Die  
20 positiv geladenen Ionen werden in einem angelegten elektrischen Feld in Richtung einer Gitterelektrode in Ausstoßrichtung beschleunigt. Dem beschleunigten Ionenstrom muß zur elektrischen Neutralisation ein Strom freier Elektronen zugefügt werden. Der neutralisierte Plasmastrom tritt mit hoher Geschwindigkeit aus dem Triebwerk aus und beschleunigt den Flugkörper in entgegengesetzter Richtung. Durch Raumladungseffekte ist die Ionenstromdichte be-  
25 schränkt und die Triebwerke dieser Bauart benötigen große Querschnitte bei nur mäßigem Rückstoßimpuls.

Bei Ionentriebwerken nach dem Hallprinzip ist eine ringförmige Ionisations-  
30 kammer von einem zur Ringachse parallelen elektrischen Beschleunigungsfeld

und einem radialen Magnetfeld durchsetzt. Von einer externen Elektronenquelle werden entgegen der Ionenausstoßrichtung Elektronen in die neutrale Xenon-Gas enthaltende Ionisationskammer geleitet, wo sie aufgrund des Magnetfelds auf Spiralbahnen gezwungen werden und so die Laufstrecke innerhalb der Ionisationskammer gegenüber dem direkten Weg zur Anode vervielfacht und dadurch auch ionisierende Wechselwirkung mit dem Treibstoffgas gesteigert wird. Von der magnetischen Ablenkung sind auch Sekundärelektronen betroffen, die in dem elektrischen Feld beschleunigt werden. Die gegebene Feldkonfiguration vermeidet ferner weitgehend die Ausbildung von Raumladungszonen, welche eine Abschirmung des elektrischen Beschleunigungsfelds für die positiven Treibstoffionen bewirken könnten. Die Beschleunigung der positiven Ionen erfolgt daher in einem weitgehend neutralen Plasma. Eine solche Anordnung erlaubt deutlich höhere Stromdichten als eine Gitter-Ionentriebwerksanordnung, zeigt aber durch eine große Winkelaufweitung des ausgestossenen Ionenstroms einen nur mäßigen Wirkungsgrad.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Plasmabeschleuniger-Anordnung, insbesondere als Ionentriebwerk in Raumflugkörpern, mit verbessertem Wirkungsgrad anzugeben.

20

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Bei der erfindungsgemäßen Anordnung setzt der in die Ionisationskammer eingeleitete gebündelte Elektronenstrahl anfänglich die Ionisation des in der Ionisationskammer befindlichen und/oder in diese eingeleiteten neutralen Treibstoffgases in Gang. Die bei der Ionisation freigesetzten Sekundärelektronen werden in dem zur Beschleunigung der positiven Ionen vorgesehenen elektrischen Feld in Gegenrichtung beschleunigt und wirken selbst wieder ionisierend.

25

Nach Initiierung des Ionisationsprozesses durch den Elektronenstrahl können die Sekundärelektronen den Hauptteil der weiteren Ionisation übernehmen.

- Ein weiterer wichtiger Effekt des eingeleiteten Elektronenstrahls ist die Begünstigung der Fokussierung eines im elektrischen Beschleunigungsfeld beschleunigten Ionenstrahls durch Kompensation der positiven Raumladung des Ionenstroms durch die negative Raumladung des Elektronenstrahls, so daß keine Abschirmung des beschleunigenden elektrischen Felds erfolgt. Das Beschleunigungsfeld für die positiven Ionen wirkt für die Elektronen des in gleicher
- 10 Richtung wie der des beschleunigten Ionenstroms laufenden Elektronenstrahls verzögernd, so daß die Raumladungsdichte des Elektronenstrahls in Richtung der Längsachse der Ionisationskammer zunimmt, was vorteilhaft korrespondiert mit der insbesondere im Endabschnitt der Ionisationskammer angestrebten Bündelung des Ionenstrahls. Vorzugsweise sind mittlere Geschwindigkeit der
- 15 Elektronen des Elektronenstrahls und Potentialgefälle des Beschleunigungsfelds für die Ionen, was einer Potentialsteigerung für die Elektronen entspricht, so aufeinander abgestimmt, daß am Ende der Beschleunigungsstrecke für die Ionen (bzw. Verzögerungsstrecke für die Elektronen des Elektronenstrahls) die mittleren Geschwindigkeiten von Elektronen des Elektronenstrahls und Ionen
- 20 des beschleunigten Ionenstroms annähernd gleich sind, so daß ein annähernd neutrales Plasma am Ende der Beschleunigungsstrecke austritt. Die mittleren Geschwindigkeiten unterscheiden sich vorzugsweise um weniger als den Faktor 10.
- 25 Der Elektronenstrahl wirkt über die gesamte Länge der Ionisationskammer durch seine negative Raumladung auch als zentraler Attraktor für die positiven Ionen und unterstützt die Fokussierung der beschleunigten Ionen in einen gebündelten Elektronenstrom und kompensiert gleichzeitig die gegenseitige Abstoßung der Ionen. Einer Aufweitung des Elektronenstrahls kann durch ein

Strahlführungs- und/oder Strahlfokussierungssystem aus magnetischen und/oder elektrischen Feldern entgegengewirkt werden. Vorteilhaft ist insbesondere ein magnetisches Strahlführungssystem mit im Strahlbereich zur Strahlrichtung und zur Längsachse der Ionisationskammer im wesentlichen parallelem Feldverlauf. Elektronen des Elektronenstrahls mit einer Bewegungs-  
komponente senkrecht zur Längsachse werden durch das Magnetfeld auf eine Spiralbahn um die Strahlachse gezwungen. Magnetische Strahlführungssysteme sind an sich von Elektronenstrahlröhren in vielfältiger Weise und insbesondere bei Wanderfeldröhren in Form von permanentperiodischen Magnetanordnungen mit entlang der zentralen Achse auftretenden Feldrichtungsumkehrungen, an welchen das Feld auch starke radiale Komponenten aufweist, bekannt. Auf solche bekannten Strahlführungssysteme wird auch zum Zwecke der Offenbarung verwiesen.

Ein magnetisches Feldsystem ist auch vorteilhaft geeignet, die in dem elektrischen Beschleunigungsfeld für die positiven Ionen in entgegengesetzter Richtung beschleunigten langsamen Sekundärelektronen aus den Ionisationsprozessen auf spiralförmige oder ähnliche gekrümmte Bahnen zu zwingen. Hierdurch wird zum einen ein schnelles Auftreffen der Elektronen auf eine der entgegen der Längsachse der Ionisationskammer folgende Elektrode vermieden und die Wahrscheinlichkeit, daß ein Sekundärelektron einen oder mehrere weitere Ionisationsprozesse auslöst, deutlich erhöht, so daß die Ionisation des Treibstoffgases primär durch die Sekundärelektronen erfolgen kann. Zum anderen wird durch den längeren Aufenthalt der Sekundärelektronen die bei der Ionisation entstehende positive Raumladung der langsamen Ionen teilweise kompensiert. Schließlich können die Elektronen durch das Magnetfeld auch weitgehend innerhalb der jeweiligen Potentialstufe gehalten und schließlich auf die entgegen der Längsrichtung nächste Elektrode geleitet werden, so daß größere Energieverluste durch über weitere Strecken beschleunigte Sekundä-

relektronen vermieden werden. Die Umlenkung der Sekundärelektronen auf gekrümmte Bahnen um die Richtung des auf die Elektronen beschleunigend wirkenden Feldes ist besonders wirkungsvoll, wenn die Feldrichtungen des elektrischen und magnetischen Feldes senkrecht aufeinanderstehen. Vorteilhafterweise sind daher die elektrischen und magnetischen Felder so ausgebildet, daß sich die Feldlinien im überwiegenden Teil, insbesondere mehr als 90% des Volumens der Ionisationskammer kreuzen. Vorzugsweise liegt der zwischen elektrischer und magnetischer Feldrichtung eingeschlossene Winkel in wenigstens 50% des Volumens der Ionisationskammer zwischen  $45^\circ$  und  $135^\circ$ . Sowohl magnetisches als auch elektrisches Feld zeigen dabei deutlich bis überwiegend Feldkomponenten parallel zur Längsachse und die mittleren Feldrichtungen von elektrischem und magnetischem Feld liegen bevorzugt zusammenfallend auf der Längsachse der Ionisationskammer. Bei einem Magnetfeld mit Feldrichtungswechseln entlang der Längsachse ist hierbei die mittlere Feldrichtung ohne Beachtung der Polarität zu verstehen.

Eine vorteilhafte Anordnung hierfür sieht eine Feldkonfiguration vor, bei welcher Elektroden zur Erzeugung des elektrischen Felds und Pole des magnetischen Felds in Richtung der Längsachse abwechselnd aufeinanderfolgen und vorzugsweise Elektroden und/oder Polschuhe an der seitlichen Wand der Ionisationskammer angeordnet sind. Die Felder sind bevorzugt drehsymmetrisch oder rotationsymmetrisch bezüglich der Längsachse und zeigen Maxima und Minima ihrer Feldstärken auf der Längsachse. Im einfachsten einstufigen Aufbau sind zwei Elektroden in Längsrichtung der Ionisationskammer beabstandet und drei die Ionisationskammer umgebende Polschuhe sind gleichfalls voneinander in Längsrichtung beabstandet und mit wechselnder Polarität so angeordnet, daß je zwei Polschuhe je eine der beiden Elektronen zwischen sich einschließen. In Längsrichtung liegen die Elektroden jeweils zumindest annähernd bei Maxima der magnetischen Feldstärke auf der Längsachse und das Minimum der ma-

gnetischen Feldstärke auf der Längsachse am Ort der Feldrichtungsumkehr fällt zumindest annähernd mit dem Maximum des elektrischen Felds in Längsachsenrichtung zusammen.

- 5 Besonders vorteilhaft ist eine mehrstufige Anordnung bei welcher das magnetische Feld auf der Längsachse mehrere Feldrichtungsumkehrungen aufweist und die die Ionisationskammer ringförmig umgebenden Polschuhe mit alternierender Polarität in Längsrichtung aufeinanderfolgen und jeweils zwischen zwei Elektroden der elektrischen Elektronenanordnung eingefügt sind. Die mehreren
- 10 Elektroden bilden Potentialstufen. Das elektrische Feld zeigt aber im Unterschied zum magnetischen Feld keine Feldrichtungsumkehr auf der Längsachse. Das elektrische Potential ändert sich in Längsrichtung der Ionisationskammer von Stufe zu Stufe monoton. Außerhalb der Längsachse verlaufen die Felder der beiden Feldarten gekreuzt zueinander, wobei vorzugsweise in wenig-
- 15 stens 60% des Volumens der von den sich kreuzenden Feldrichtungen eingeschlossene Winkel zwischen  $45^\circ$  und  $135^\circ$  liegt.

Vorteilhafterweise können die elektrischen und magnetischen Felder so aufeinander abgestimmt sein, daß ein im Bereich einer elektrischen Potentialstufe

20 zwischen zwei unmittelbar benachbarten Elektroden durch Ionisation erzeugtes Sekundärelektron durch das Magnetfeld möglichst innerhalb dieser Stufe gehalten und evtl. nach Bewirkung eines oder mehrerer weiterer Ionisationsprozesse auf die entgegen der Längsrichtung nächste Elektrode geleitet wird.

- 25 Während die Elektronen aufgrund ihrer geringen Masse einem starken Magnetfeldeinfluß unterliegen, ist die Bewegung der Ionen im wesentlichen nur durch die elektrischen Felder bestimmt. Die Ionen werden in Richtung des Potentialgefälles beschleunigt und zur Längsachse hin konzentriert, wobei diese Bündelung auch durch die zwischen benachbarten Elektroden entstehenden

Feldlinien maßgeblich mitbewirkt wird. Die Ionen können daher aus dem elektrischen Feld im Mittel Energie aus mehreren Potentialstufen aufnehmen, wogegen die Energieverluste durch die von den Elektroden eingefangenen Sekundärelektronen aufgrund der Einschränkung deren Bewegung auf eine oder  
5 zwei Potentialstufen gering bleiben, so daß sich ein hoher Wirkungsgrad bei der Umsetzung elektrischer Energie in mechanische Energie ergibt.

Die vorzugsweise ringförmigen Elektroden, insbesondere die zwischen zwei weiteren Elektroden eingeschlossenen Zwischenelektroden einer mehrstufigen  
10 Anordnung sind für ein zuverlässiges Einfangen von Sekundärelektronen vorteilhafterweise in Längsrichtung flächig ausgedehnt, wobei die Länge der Zwischenelektroden in Richtung der Längsachse vorzugsweise mindestens 30%, insbesondere mindestens 80% des Abstands zur jeweils nächsten Elektrode beträgt.

15 Zur Erzielung der beschriebenen Feldeigenschaften mit Beschränkung der Bewegung der Sekundärelektroden und Fokussierung der positiven Ionen durch Feldlinsen beträgt der Durchmesser einer Zwischenelektrode vorzugsweise weniger als 300%, insbesondere weniger als 100% der Elektrodenlänge in  
20 Längsachsenrichtung.

Die Erzeugung eines gebündelten Elektronenstrahls in Form eines Zentralstrahls oder eines Hohlstrahls ist aus der Technologie der Kathodenstrahlröhren in vielen Variationen bekannt, so daß auf Details hierzu an dieser Stelle  
25 verzichtet und auf Anordnungen aus dem Stand der Technik verwiesen wird. Für die Erfindung wird beispielsweise mittels einer Elektronenoptik vom Pierce-Typ ein von einer Kathode gelöster Elektronenstrom in einen laminaren Strahl gebündelt und in die Ionisationskammer entlang der Längsachse eingeleitet. Der Eintrittsbereich des Elektronenstrahls in die Ionisationskammern ist vorteil-

hafterweise als Barriere für in der Ionisationskammer erzeugte Ionen ausgebildet, um zu verhindern, daß durch Durchgriff des Kathodenpotentials in die Ionisationskammer Ionen auf die Kathode gelenkt und elektrische Verluste oder gar eine Degradation des Elektronenemissionsvermögens der Kathode verursachen können, oder um einen solchen unerwünschten Ionenstrom zumindest gering zu halten. Als Ionenbarriere kann beispielsweise die erste Elektrode als Ringblende mit gegenüber dem Durchmesser der Ionisationskammer geringem Lochblendendurchmesser ausgeführt sein. Innerhalb der Ionisationskammer wird der Strahl durch das beschriebene Magnetfeld als gebündelter Strahl geführt.

Die Primärelektronen des gebündelten Elektronenstrahls werden in der zur Beschleunigung der Ionen ausgebildeten Potentialdifferenz innerhalb der Beschleunigungsstrecke zwischen der ersten und der letzten Elektrode der vorzugsweise mehrstufigen Elektrodenanordnung, die bevorzugt im wesentlichen mit der Ionisationskammer identisch ist, verzögert. Ohne zusätzliche Energieverluste erreichen die Elektronen das Ende der Verzögerungsstrecke mit einer Restgeschwindigkeit, die sehr viel kleiner sein soll als die Geschwindigkeit am Beginn der Beschleunigungsstrecke (Verzögerungsstrecke für die Elektronen). Das Potential der letzten Elektrode ist hierfür vorteilhafterweise für Elektronen geringfügig niedriger als das Kathodenpotential. Ohne Treibstoffgas in der Ionisationskammer können die Elektronen am Ende der Beschleunigungsstrecke mit geringer Restenergie von der dann als Kollektor wirkenden letzten Elektrode aufgefangen werden.

25

Im Realfall mit Treibstoffgas in der Ionisationskammer geben einige der Primärelektronen auf dem Weg durch die Ionisationskammer Energie durch Wechselwirkung mit dem Treibstoffgas, insbesondere durch Anregung und Ionisation von Treibstoffgas ab und verlieren an Geschwindigkeit. Der hierauf beruhende

Geschwindigkeitsverlust ist aber typischerweise sehr klein gegenüber der Anfangsgeschwindigkeit und kann bei der Einstellung des Potentials der letzten Elektrode zur Erzielung eines neutralen Plasmas im austretenden Plasmastrahl berücksichtigt, insbesondere empirisch bestimmt werden.

5

Die Zuführung des Treibstoffgases erfolgt bevorzugt durch seitliche Wandöffnungen der Ionisationskammer in einem Bereich, der sowohl von der Eintrittsseite des Elektronenstrahls als auch von der Austrittsseite des Plasmastrahls beabstandet ist. Vorzugsweise ist der Zuführungsbereich in einem Abstand  
10 zwischen 10% und 40% der Länge der Ionisationskammer in Längsrichtung vom Elektronenstrahleintritt entfernt.

Die vorstehend und in den Ansprüchen angegebenen Merkmale sind sowohl einzeln als auch in Kombinationen vorteilhaft realisierbar.

15

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Abbildungen noch eingehend veranschaulicht. Dabei zeigt:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen mehrstufigen Aufbau
- 20 Fig. 2 Feldverläufe für eine mehrstufige Anordnung
- Fig. 3 Feldverläufe für eine einstufige Anordnung

Die in Fig. 1 als Längsschnitt entlang einer Längsachse Z skizzierte Anordnung weist um die Längsachse Z eine Ionisationskammer IK auf, die beispielsweise  
25 rotationssymmetrisch um die Längsachse Z aufgebaut ist. Die Längsausdehnung der Ionisationskammer IK in Richtung der Längsachse Z sei wesentlich größer als der Durchmesser DK der Ionisationskammer senkrecht zur Längsachse Z. Die Ionisationskammer IK sei durch eine zylindrische Seitenwand quer zur Längsachse abgegrenzt.

Entlang der Seitenwand sind Magnetpolschuhe PP und Elektroden E1, E2 bis E5 angeordnet, wobei die Polschuhe und die Elektroden zumindest an ihren zur zentralen Längsachse Z hinweisenden Seiten rotationssymmetrisch ausgebildet sind. Die Magnetpolschuhe PP lenken den in von der Ionisationskammer IK radial beabstandet angeordneten Permanentmagneten PM erzeugten magnetischen Fluß in radialer Richtung um, so daß jeder Polschuh PP einen magnetischen Pol bildet, wobei in Längsrichtung unmittelbar aufeinanderfolgende Polschuhe Magnetpole entgegengesetzter Polarität bilden. Das sich in der Ionisationskammer IK zwischen den Polschuhen ausbildende magnetische Feld zeigt daher an der Stelle jedes Polschuhs PP eine Feldrichtungsumkehr. Eine solche Magnetfeldanordnung ist an sich als permanentperiodisches Magnetsystem aus der Technologie der Wanderfeldröhren hinreichend bekannt.

Die zwischen den Polschuhen PP angeordneten Elektroden E1 bis E5 liegen auf verschiedenen Potentialen A1, A2 bis A5. Die Elektrodenanordnung wird ergänzt durch eine Kathode K und eine Anode E0. Die Kathode K und die Anode E0 bilden ein Strahlerzeugungssystem zur Erzeugung eines gebündelten Elektronenstrahls EB aus einem laminaren Elektrodenstrom ES. Strahlsysteme zur Erzeugung und Fokussierung eines Elektronenstrahls sind gleichfalls aus dem Stand der Technik in vielfacher Ausführung bekannt. Die Anodenelektrode E0 bildet zusammen mit den die Ionisationskammer seitlich begrenzenden Elektroden E1 bis En eine Elektrodenanordnung mit einem für Ionen monotonen Potentialgefälle vom Potential A0 der Anodenelektrode E0 bis zum Potential A5 der Elektrode E5 mit  $A0 > A1 > A2 > A3 > A4 > A5$  für positiv geladene Ionen. Für die negativ geladenen Elektronen des Elektronenstrahls EB bildet die Potentialreihe A0 bis A5 ein Bremspotential, welches die Anfangsgeschwindigkeit der Elektronen des Elektronenstrahls EB beim Fortschreiten entlang der Längsachse Z stetig verringert. Für Elektronen gilt somit  $A5 > A0$ . Das Potential

AK der Kathode K für Elektronen wird geringfügig höher gewählt als das Potential A5, so daß die Elektronen des Elektronenstrahls EB nach Durchlaufen der Ionisationskammer bis zur Elektrode E5 noch eine geringe Restgeschwindigkeit besitzen. Der Elektronenstrahl EB wird in der Ionisationskammer durch  
5 das zwischen den Polschuhen aufgebaute Magnetfeld HK als gebündelter Strahl geführt.

Der Ionisationskammer wird durch die Seitenwand neutrales Treibstoffgas TG zugeführt. Die Elektronen des Elektronenstrahls EB treten mit dem neutralen  
10 Treibstoffgas in Wechselwirkung und bewirken eine teilweise Ionisation des Gases. Die dabei entstehenden positiv geladenen Ionen werden in Richtung des Potentialgefälles von A0 nach A5 beschleunigt und dabei von dem gebündelten Elektronenstrahl EB sowie den durch die aufeinanderfolgenden Elektroden gebildeten Feldlinsen zur Längsachse Z hin gebündelt. Die bei der Ionisation  
15 freiwerdenden Sekundärelektronen haben zu Beginn eine sehr geringe Geschwindigkeit in statistisch variierender Richtung. Die Sekundärelektronen werden in dem elektrischen Feld EK zwischen den einzelnen Elektroden beschleunigt, wobei die Richtung der Beschleunigung der Beschleunigungsrichtung der Ionen entgegengerichtet ist. Die beschleunigten Sekundärelektronen werden  
20 durch das zugleich in der Ionisationskammer IK vorliegende Magnetfeld HK umgelenkt und auf gekrümmte Bahnen um die Richtung des beschleunigenden elektrischen Felds gezwungen. Hierdurch wird die Aufenthaltsdauer der Elektronen in einer Stufe zwischen zwei Elektroden erheblich verlängert und die Wahrscheinlichkeit, daß ein solches Sekundärelektron einen weiteren Ionisationsprozeß auslöst, wird stark erhöht. Die Sekundärelektronen werden schließlich  
25 von einer der in Richtung der Anode E0 folgenden Elektroden eingefangen. Die längere Verweildauer der Elektronen in der Ionisationskammer zwischen zwei Elektroden bis zum Auftreffen auf eine Elektrode trägt auch dazu bei, daß der schnelle Aufbau einer positiven Raumladung durch die positiv geladenen

Ionen und somit eine Abschirmung des die Ionen beschleunigenden Feldes vermieden wird.

Die Ionisation von Treibstoffgas TG sowohl durch die Primärelektronen des Elektronenstrahls EB als auch durch Sekundärelektronen aus vorangegangenen Ionisationsprozessen verteilt sich im wesentlichen über die gesamte Länge der Ionisationskammer. Die entlang des Potentialgefälles zwischen A0 und A5 in Richtung der Längsachse Z beschleunigten und um die Längsachse Z gebündelten Ionen bilden am Ausgang KA der Ionisationskammer zusammen mit den verzögerten Elektronen des gebündelten Elektronenstrahls EB einen weitgehend neutralen Plasmastrahl PB mit nur geringer Strahldivergenz.

Die Anodenelektrode E0 ist zugleich als Elektronenbarriere ausgebildet und weist die Form einer Blendenelektrode mit einer gegenüber dem Durchmesser DK der Ionisationskammer kleinen Durchmesser der Blendenöffnung auf. In der Fig. 1 sind als Beispielswerte für die Potentialschritte die auf die letzte Elektrode E5 bezogenen Spannungen der Elektroden E0 bis E4 eingetragen. Die Spannung der Kathode K ist gegenüber der letzten Elektrode E5 leicht negativ. Die Pole der Magnetanordnung sind in gebräuchlicher Weise mit S und N unterschieden.

Die Fig. 2 zeigt qualitativ den Feldverlauf und die Elektronenladungsverteilung entlang der Längsachse Z für einen Ausschnitt aus der Struktur nach Fig. 1. In der Darstellung der Fig. 2 sind neben den Feldverläufen und Ladungsverteilungen der Elektronen auch noch die Elektroden E0, E1, ... sowie die Polschuhe PP andeutungsweise an ihren Positionen entlang der Z-Achse eingezeichnet. Der Primärelektronenstrahl EB ist symmetrisch zu beiden Seiten der Längsachse Z eingetragen, wogegen die Häufungen EC der Sekundärelektronen der Übersichtlichkeit halber lediglich auf einer Seite der Längsachse Z eingetragen

sind. Mit  $E_z$  und  $H_z$  sind die Feldstärken auf der Längsachse bzw. deren unmittelbarer Umgebung eingetragen. Die Längsachse  $Z$  bildet die Abszisse der Darstellung und die Ordinate gibt die Feldstärke  $E_z$  bzw.  $H_z$  qualitativ an. Das elektrische Feld  $E_z$  auf der Längsachse ist an den Positionen der Elektroden  
5  $E_0, E_1, \dots$  minimal und in der Mitte zwischen den Elektroden maximal. Es findet dabei keine Richtungsumkehr des Feldes statt, so daß die elektrische Feldstärke in der Darstellung das Vorzeichen nicht ändert. Die Magnetfeldstärke in  $Z$ -Richtung auf der Längsachse zeigt Minima an den Orten der Polschuhe  $PP$  und Maxima zwischen zwei benachbarten Polschuhen. Im Unterschied zum elektrischen Feld tritt für das magnetische Feld an den einzelnen Polschuhen jeweils  
10 eine Feldrichtungsumkehr auf, welche sich in der Skizze als ein Durchgang durch die als Nulllinie gedachte Längsachse  $Z$  darstellt und als Vorzeichenwechsel behandelt werden kann. Die bei Ionisationsprozessen entstehenden Sekundärelektronen werden durch das elektrische Feld in der Ionisationskammer beschleunigt und durch das magnetische Feld auf gekrümmte Bahnen ge-  
15 zwungen. Es tritt eine Häufung von Elektronen, d.h. eine erhöhte Konzentration von Elektronen in ringförmigen Bereichen  $EC$  um die Längsachse  $Z$  auf, welche bezüglich der Längsrichtung ungefähr bei den Minima des elektrischen bzw. Maxima des magnetischen Feldes liegen.

20

Die Fig. 3 zeigt in vergleichbarer Darstellung wie in Fig. 2 Feldverläufe und Elektronenverteilungen für eine einstufige mit zwei Elektroden  $E_1, E_2$  auf Potentialen  $A_0$  bzw.  $A_1$  sowie mit einer Magnetanordnung mit drei Polschuhen  $PP_1, PP_2$  und  $PP_3$ , von denen jeweils zwei je eine der beiden Elektroden  $E_1$   
25 bzw.  $E_2$  einschließen. Die Feldanordnung einer solchen Einzelstufe zeigt ähnlich zu der in Fig. 2 skizzierten Verteilung Minima der elektrischen Feldstärke auf der Achse an den Orten der Elektroden  $E_1, E_2$  sowie ein Maximum der elektrischen Feldstärke  $E_z$  auf der Achse zwischen den beiden Elektroden. Die Magnetfeldstärke  $H_z$  auf der Längsachse  $Z$  erreicht ein Minimum im Bereich

des mittleren Polschuhs PP2, wo auch eine Feldrichtungsumkehr stattfindet. Maxima der magnetischen Feldstärke liegen wieder im Bereich der Elektroden E1 und E2, wo die elektrische Feldstärke  $E_z$  auf der Achse Minima aufweist. Die Wirkungsweise bei der Entstehung von ringförmigen Elektronenwolken EC  
5 um die Längsachse Z entspricht den Ausführungen zu Fig. 2.

Die Erfindung ist nicht auf die beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt, sondern im Rahmen fachmännischen Können in mancherlei Weise abwandelbar. Insbesondere sind hinsichtlich der Abmessungen der Ionisationskammer,  
10 der Größenverhältnisse von Elektroden, Elektrodenabstände, Elektroden-durchmesser eine Vielzahl von auf den Einzelfall abgestimmten Variationen denkbar. Die Abstände der Elektroden und/oder der Polschuhe sowie die Länge der Elektroden in Richtung der Längsachse ist bei mehrstufigen Anordnungen nicht zwangsweise für alle Stufen konstant. Das Potentialgefälle ist zwi-  
15 schen den ersten und der letzten Elektrode nicht notwendigerweise linear, sondern kann im Einzelfall auch einen nichtlinearen Verlauf annehmen. Die Plas-mabeschleuniger-Anordnung ist nicht auf den beschriebenen bevorzugten Anwendungsfall eines Ionentriebwerks für einen Raumflugkörper beschränkt, sondern auch zur berührungslosen Materialbearbeitung unter Einsatz hoher Lei-  
20 stungsdichten wie beispielsweise beim Schweißen, Löten, Schneiden oder dgl. auch von hochschmelzenden Metallen vorteilhaft einsetzbar.

Patentansprüche

1. Plasmabeschleuniger-Anordnung mit einer Ionisationskammer um eine  
5 Längsachse, mit einer Elektrodenanordnung zur Erzeugung eines elektrischen Potentialgefälles für positiv geladene Treibstoffionen über eine Beschleunigungsstrecke entlang der Längsachse, und mit Mitteln zur Einleitung eines gebündelten Elektronenstrahls entlang der Längsachse in die Ionisationskammer.
- 10 2. Anordnung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein magnetisches Strahlführungssystem zur Führung des Elektronenstrahls entlang der Längsachse.
- 15 3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Strahlführungssystem eine Permanentmagnetanordnung enthält.
4. Anordnung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß das magnetische Strahlführungssystem entlang der Längsachse eine oder mehrere  
20 Richtungsumkehrungen aufweist.
5. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Elektrodenanordnung über die Beschleunigungsstrecke eine oder mehrere Zwischenelektroden entsprechend einer Unterteilung des Potentialgefälles  
25 in mehrere Stufen aufweist.
6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenelektroden an der seitlichen Begrenzung der Ionisationskammer angeordnet sind.

7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Zwischenelektroden in Richtung der Längsachse mindestens 30%, vorzugsweise mindestens 80% des Abstands zur jeweils nächsten Elektrode beträgt.
8. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Durchmesser einer Zwischenelektrode weniger als 300%, insbesondere weniger als 100% der Elektrodenlänge in Richtung der Längsachse beträgt.
9. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß Pole des magnetischen Strahlführungssystems und Elektroden der Elektrodenanordnung in Richtung der Längsachse abwechselnd aufeinanderfolgen.
10. Anordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß elektrische und magnetische Felder in einem weit überwiegenden Teil, insbesondere mehr als 90% des Volumens der Ionisationskammer gekreuzt verlaufen.
11. Anordnung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß in mehr als 60% des Volumens der Ionisationskammer der zwischen elektrischer und magnetischer Feldrichtung eingeschlossene Winkel zwischen  $45^\circ$  und  $135^\circ$  liegt.
12. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Betrag des elektrischen Potentialgefälles geringfügig, insbesondere um weniger als 10% niedriger ist als die mittlere kinetische Energie der Elektronen des Elektronenstrahls am Eintritt in die auf die Elektronen verzögernd wirkende Beschleunigungsstrecke.

13. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet,  
daß in dem am Ende der Beschleunigungsstrecke austretenden Plas-  
mastrahl die mittlere Geschwindigkeit der Elektronen annähernd gleich der  
5 mittleren Geschwindigkeit der positiv geladenen Ionen ist.
14. Anordnung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß sich die mitt-  
leren Geschwindigkeiten von Elektronen und Ionen um maximal den Faktor  
10 unterscheiden.
- 10 15. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet,  
daß die Beschleunigungsstrecke zur Seite des Eintritts des Elektronenstrahls  
durch eine Ionenbarriere abgeschlossen ist.
- 15 16. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet,  
daß eine Elektrode am Beginn der Beschleunigungsstrecke als eine Blen-  
denelektrode mit einer zentralen Öffnung für den Elektronenstrahl, deren  
Durchmesser wesentlich kleiner ist als der Durchmesser der Ionisations-  
kammer, ausgeführt ist.
- 20 17. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet,  
daß neutraler gasförmiger Treibstoff der Ionisationskammer seitlich zuge-  
führt ist.
- 25 18. Anordnung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die Treibstoff-  
zufuhr in einem Bereich zwischen 10% und 40% des Längenverlaufs der Io-  
nisationskammer von der Seite des Eintritts des Elektronenstrahls beabstan-  
det erfolgt.

19. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß die Länge der Ionisationskammer wesentlich größer als deren Durchmesser, insbesondere größer als das 3-fache des Durchmessers ist.
- 5 20. Anordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß die Beschleunigungsstrecke und die Ionisationskammer im wesentlichen identisch sind.



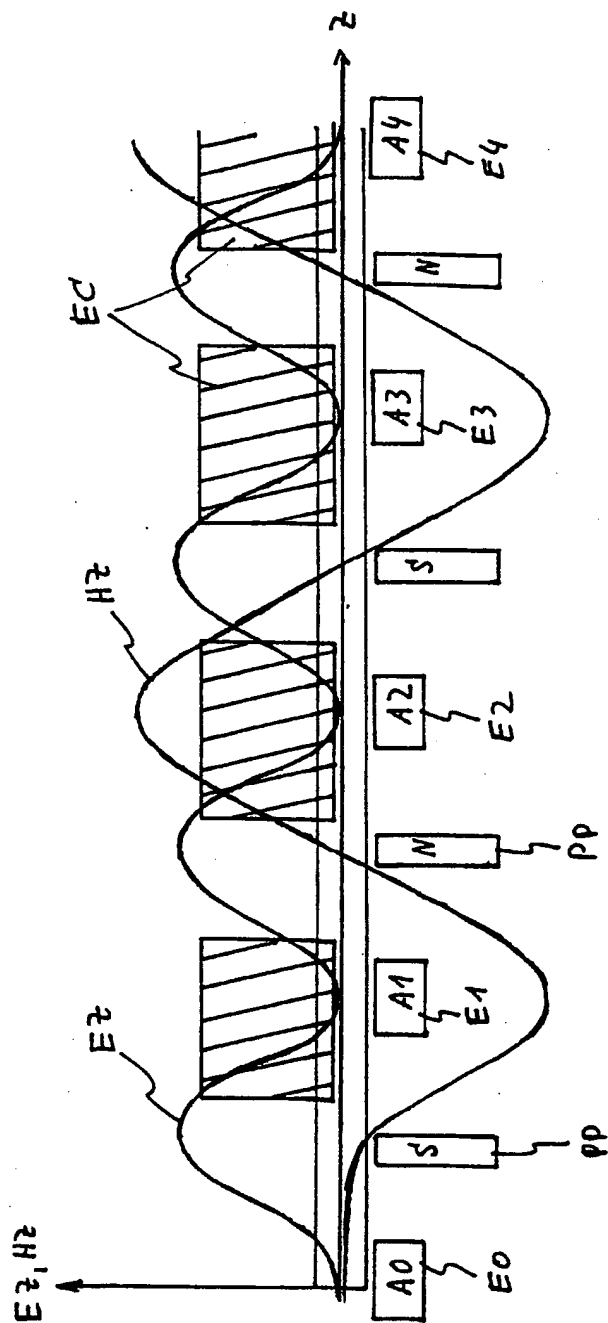


Fig. 2

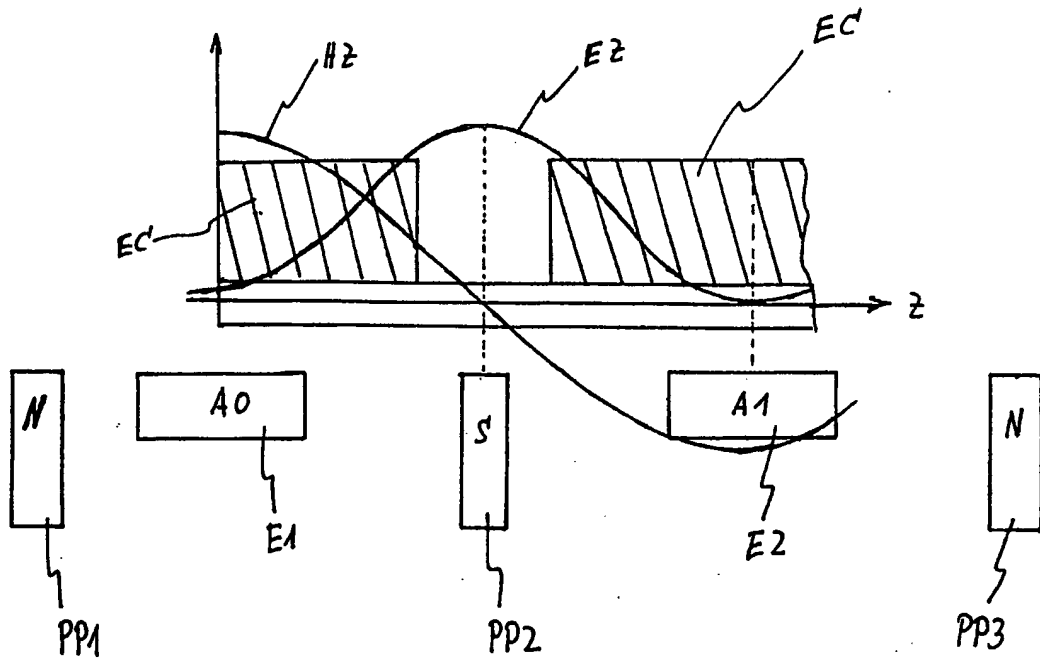


Fig. 3

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 99/01708

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 6 H05H1/54

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 6 H05H F03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 12 22 589 B (USAEC) 11 August 1966 (1966-08-11) column 5, line 48 -column 6, line 53	1,2,13, 17,19
A	claims 3-6; figures 1,2	16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 009 (E-1303), 8 January 1993 (1993-01-08) & JP 04 242046 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 28 August 1992 (1992-08-28) abstract	2,3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 12, 25 December 1997 (1997-12-25) & JP 09 223474 A (SUMITOMO HEAVY IND LTD), 26 August 1997 (1997-08-26) abstract	18

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 October 1999

Date of mailing of the international search report

03/11/1999

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Capostagno, E

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No

PCT/DE 99/01708

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 1222589	B	NONE	
JP 04242046	A	28-08-1992	NONE
JP 09223474	A	26-08-1997	NONE

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01708

## A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

IPK 6 H05H1/54

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 6 H05H F03H

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 12 22 589 B (USAEC) 11. August 1966 (1966-08-11) Spalte 5, Zeile 48 - Spalte 6, Zeile 53	1,2,13, 17,19
A	Ansprüche 3-6; Abbildungen 1,2	16
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 017, no. 009 (E-1303), 8. Januar 1993 (1993-01-08) & JP 04 242046 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 28. August 1992 (1992-08-28) Zusammenfassung	2,3
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1997, no. 12, 25. Dezember 1997 (1997-12-25) & JP 09 223474 A (SUMITOMO HEAVY IND LTD), 26. August 1997 (1997-08-26) Zusammenfassung	18

☐ Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

☒ Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" Älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderscher Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

26. Oktober 1999

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

03/11/1999

Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde  
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Capostagno, E

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 99/01708

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 1222589    B		KEINE	
JP 04242046    A	28-08-1992	KEINE	
JP 09223474    A	26-08-1997	KEINE	

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 03/14210

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
 IPC 7 H05H1/54 F03H1/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 H05H F03H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 100 14 033 A (THOMSON TUBES ELECTRONIQUES GM) 4 October 2001 (2001-10-04) cited in the application the whole document	1,3-8
Y	US 4 495 631 A (LACOUR BERNARD ET AL) 22 January 1985 (1985-01-22) column 2, line 23 - line 46 figures 1,3	1,3-8
A	DE 101 30 464 A (THALES ELECTRON DEVICES GMBH) 2 January 2003 (2003-01-02) cited in the application the whole document	1,3-9
	-/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

\*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

\*E\* earlier document but published on or after the International filing date

\*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

\*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

\*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 March 2004

Date of mailing of the international search report

05/04/2004

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Capostagno, E

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 03/14210

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 00/01206 A (SEIDEL HARALD ; WEGENER JUERGEN (DE); KORNFELD GUENTER (DE); THOMSON T) 6 January 2000 (2000-01-06) cited in the application the whole document -----	1, 3-6, 9

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 03/14210

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 10014033	A	04-10-2001	DE 10014033 A1	04-10-2001
			AU 6004901 A	03-10-2001
			CN 1418290 T	14-05-2003
			WO 0171185 A2	27-09-2001
			EP 1269020 A2	02-01-2003
			JP 2003528424 T	24-09-2003
			US 2003048053 A1	13-03-2003
US 4495631	A	22-01-1985	FR 2500220 A1	20-08-1982
			FR 2512285 A2	04-03-1983
			CA 1153454 A1	06-09-1983
			DE 3264478 D1	08-08-1985
			DK 65482 A	17-08-1982
			EP 0058389 A2	25-08-1982
			JP 1459675 C	28-09-1988
			JP 57152176 A	20-09-1982
			JP 59010077 B	06-03-1984
			NO 820416 A ,B,	17-08-1982
DE 10130464	A	02-01-2003	DE 10130464 A1	02-01-2003
			WO 03000550 A1	03-01-2003
WO 0001206	A	06-01-2000	DE 19828704 A1	30-12-1999
			CN 1314070 T	19-09-2001
			WO 0001206 A1	06-01-2000
			EP 1123642 A1	16-08-2001
			JP 2002519577 T	02-07-2002
			US 6523338 B1	25-02-2003